

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

LIBEREC 2012

EVA RADOŇOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: B3107 Textil
Studijní obor: 3107R007 Textilní marketing

PŘÍRODNÍ HEDVÁBÍ

NATURAL SILK

Eva Radoňová

KHT-868

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jindra Porkertová

Rozsah práce:

Počet stran textu....49

Počet obrázků23

Počet tabulek.....6

Počet stran příloh..2

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta textilní

Akademický rok: **2011/2012**

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Eva Radoňová**
Osobní číslo: **T08000413**
Studijní program: **B3107 Textil**
Studijní obor: **Textilní marketing**
Zadávající katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Vypracujte rešeršní část na téma zpracování, vlastnosti a použití přírodního hedvábí.
2. Otestujte základní vlastnosti odklíženého hedvábí.
3. Porovnejte naměřené hodnoty s tabulkovými hodnotami zatíženého hedvábí.
4. Navrhněte samostatnou kapitolu v e-learningovém kurzu na téma přírodní hedvábí, včetně souboru kontrolních otázek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním bakalářské práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědoma toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne 4. května 2012

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych touto cestou poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Jindře Porkertové za její podporu a mnoho cenných rad při vedení bakalářské práce. Také bych chtěla poděkovat Ing. Haně Pařilové za její čas, který mi věnovala při konzultaci, jak pracovat a vkládat informace na webové stránky školy.

Další dík patří mým rodičům, za to, že mi umožnili studovat na Technické univerzitě v Liberci a dále také mým přátelům za morální podporu.

ANOTACE

Cílem této bakalářské práce je vypracovat odborný text na téma přírodní hedvábí, tak aby informace z něj mohly být použity do e-learningového kurzu pro studenty Textilní fakulty na Technické univerzitě Liberec do předmětu textilní vlákna. Tento kurz je umístěn na webových stránkách školy: <http://turbo.cdv.tul.cz>. V další části této práce je navrhnutí a vypracování kontrolního testu pro studenty, který vychází z předchozího textu a informací a bude sloužit pro kontrolu studentům, aby si mohli ověřit, zda pochopili danou problematiku.

KLÍČOVÁ SLOVA:

přírodní hedvábí, bourec morušový, degumování, sericin, fibroin, morfologie, pevnost a tažnost, chemické složení

ANNOTATION

The aim of this thesis is to develop an academic text on natural silk, so that the information it can be used to e-learning course for student of the Technical University of textiles subject to textile fibers. This course is located on the school website: <http://turbo.cdv.tul.cz>. The next part of this work is to propose and develop self-test for students, based on the above text and information, and will serve to check the students so that they can verify that understand the issue.

KEY WORDS:

natural silk, silkworm, degummed, sericin, fibroin, morphology, strength and softness, chemical composition

OBSAH:

Úvod	8
1. Úvod o přírodním hedvábí	9
1.1. Legenda o hedvábí	9
2. Získávání přírodního hedvábí	10
2.1. Životní cyklus bource morušového	10
2.2. Smotávání	12
3. Zpracování Přírodního hedvábí	12
3.1. Degumování – odklížení	12
3.2. Zatěžování	13
3.3. Bělení	13
3.4. Barvení	14
4. Druhy hedvábí	14
5. Klasifikace a zkoušení	15
6. Chemické složení přírodního hedvábí	16
6.1. Sericin	16
6.2. Fibroin	17
7. Vlastnosti přírodního hedvábí	18
7.1. Morfologické rysy – struktura vláken	18
7.1.1. Mikroskopické znaky přírodního hedvábí	18
7.2. Mechanické vlastnosti	19
7.2.1. Tahové vlastnosti přírodního hedvábí	20
7.2.2. Elastické zotavení	21
7.3. Délka a tloušťka vláken	22
7.4. Účinek chemikálií	22
7.5. Vliv chemikálií	23
7.5.1. Vliv kyselin	23
7.5.2. Vliv alkálií	23
7.5.3. Vliv redukčních a oxidačních prostředků	23
7.6. Vliv teploty	23
7.7. Další vlivy a účinky na vlákna přírodního hedvábí	24
7.7.1. Stárí a sluneční světlo	24
7.7.2. Bělící prostředky, škůdci a hnití	24
7.7.3. Spalovací zkouška	24
7.8. Přehled vlastností živočišných vláken	24
8. POUŽITÍ přírodního hedvábí	25

8.1.	Zajímavé aspekty o hedvábí.....	25
8.2.	Péče o hedvábí	26
8.2.1.	Co jednotlivé symboly znamenají	27
9.	Postavení na trhu	27
10.	10. nejvýznamnějších výrobců – 2005	27
11.	Měření a srovnávání vláken	28
11.1.	Přístroj Vibrodyn 400 a Vibroskop 400	28
11.2.	Naměřené hodnoty odklíženého, nezatíženého hedvábí	29
11.2.1.	Tahové křivky	31
11.3.	Tabulkové hodnoty odklíženého, zatíženého hedvábí	32
11.3.1.	Tahová křivka	32
11.4.	Srovnání naměřených a tabulkových hodnot	33
11.4.1.	Srovnání číselných hodnot.....	33
11.4.2.	Srovnávání tahových křivek	34
12.	E-learning	34
12.1.	E-learning na Technické univerzitě Liberec	35
12.2.	Kurz přírodního hedvábí	36
12.2.1.	Kontrolní test	37
	Závěr	45
	Použitá literatura.....	46
	Seznam obrázků:.....	47
	Seznam tabulek:.....	47
	Příloha.....	48

ÚVOD

Předmětem bakalářské práce je rešerše na téma zpracování, vlastnosti a využití přírodního hedvábí, v další části jsou testovány vlastnosti odklíženého a nezatíženého hedvábí, které jsou dále porovnávány s hodnotami, které jsou uvedené v odborné literatuře. V odborné literatuře jsou především uváděny hodnoty odklíženého a zatíženého hedvábí, na rozdíl od hodnot, které zatížené nejsou, jelikož Technická univerzita nemá dostatečné možnosti hedvábí zatížit. Zjišťuje se, zda se hodnoty liší velmi, nebo zanedbatelně.

Cílem této práce je tedy vytvořit odborný text tak, aby z něj mohl být navržen e-learningový kurz do předmětu Textilní vlákna, který bude sloužit jako učební text pro studenty Textilní Fakulty na Technické univerzitě v Liberci. Jak již bylo zmíněno v anotaci, tento kurz je umístěn na webových stránkách: <http://turbo.cdv.tul.cz>. Každý student obdrží své uživatelské jméno a heslo, aby se mohl přihlašovat ke kurzům, které jsou na stránkách k dispozici.

Rešeršní část je vypracována z většího počtu odborné literatury, tak aby byla co nejrozsáhlejší a informace byly co nejpřesnější. V této části je použita jak odborná česká literatura, tak i odborná zahraniční literatura, zejména anglická.

Měření vlastností přírodních vláken probíhá na katedře textilních materiálů. Jedná se zejména o vlastnosti pevnosti a jemnosti vláken. Tyto vlastnosti jsou měřeny na přístroji Vibrodyn 400 a Vibroskop 400. Po samotném měření budou výsledky srovnávány s hodnotami uvedenými v odborné literatuře.

V poslední řadě je navržen ze všech těchto informací kontrolní test, aby si v něm mohli studenti ověřit, zda pochopili danou problematiku.

1. ÚVOD O PŘÍRODNÍM HEDVÁBÍ

Přírodní hedvábí řadíme mezi živočišná vlákna. Textilní živočišná vlákna jsou vlákna získaná ze zvířecích srstí nebo ze sekretu hmyzu [17].

Hedvábí je výměšek snovacích žláz housenek bource morušového – noční motýl z rodu lišajů [5].

Přírodní hedvábí se používalo v Číně již 3000 let př. n. l. Již tehdy uměli Číňané chovat bource morušového i odvíjet hedvábí z kokonů [2]. Tajemství kultivace housenek bource morušového a výroby hedvábí bylo přísně chráněno více než 2000 let [5]. Začátkem našeho letopočtu se hedvábí rozšířilo do Japonska a brzy na to i na Přední Východ. S arabskou expanzí v 7. a 8. století n. l. se pak hedvábí dostalo i do Španělska, na Sicílii a do severní části Afriky. Přes četné pokusy rozšířit produkci hedvábí do různých zemí zůstala produkce omezena jen na určité, klimaticky nejvhodnější části světa. Největšími výrobci hedvábí jsou již tradičně Čína a Japonsko. Z evropských států jsou významnými výrobci Itálie, Francie, Španělsko a Řecko, v Malé Asii hlavně Turecko, Irák a Írán [2].

V průběhu let bylo hedvábí vysoce ceněno jako textilní vlákno. Jeho vlastnosti pevnost, pružnost, jemnost, savost, afinita k barvivům a jeho přizpůsobivost při tkaní splňovala celou řadu požadavků trhu. Navzdory konkurenci si z umělých vláken, které převzali mnoho použití (punčochové zboží, kravaty, padáky, atd.) hedvábí udrželo své prvenství v produkci luxusních oděvů a specializovaných výrobků nejvyšší kvality [4].

Tato kvalita hedvábí má několik vysvětlení:

Jeho zeměpisný původ, způsob, jakým se vyrábí, minulost, jeho skutečné technické kvality, jeho použití v různých aplikacích textilií [1].

1.1. Legenda o hedvábí

Čínská princezna Xi Lin Shi popíjela čaj v morušové zahradě, když jí spadl do šálku s čajem kokon. Horký čaj rozpustil vnější tvrdou vrstvu kukly. Ve snaze získat kokon zpět nehem, zjistila, že kokon obsahoval nekonečné vlákno. Jak stále tahala za vlákno, zjistila, že pořád pokračuje, tak princezna vynalezla první techniku navíjení hedvábí.

V té době v historii Číny tkaní dobře fungovalo, a tak bylo možné tento nový objev vláken použít na tkaniny.

Objev hedvábí vedl k obrovskému zlepšení ve tkaní, což je dáno zvláštní charakteristikou hedvábí, protože se jedná o jediné nekonečné přírodní vlákno. Vlákna, jako je vlna, len, bavlna a kašmír jsou tkána do příze ze staplových vláken.

Dnes jediné kokony hedvábí mohou přinést až 1600 metrů kontinuálního vlákna, což je výsledek staletí výběru a rozvoje. Ve starověku byl výnos mnohem nižší, možná 100 – 150 metrů v jednom kokonu.

Číňané v té době rychle využili potenciál tohoto mimořádného vlákna, které ve svém vlastním projevu: „přišlo z nebe“. Udělali veškerá opatření, aby se ujistili, že tajemství jeho původu bude pečlivě střeženo a odhalení může být potrestáno až smrtí [1].

2. ZÍSKÁVÁNÍ PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ

Přírodní hedvábí získáváme bílkovinným výměškem snovacích žláz housenek nočních motýlů, smotáváním a následným zpracováním.

Bourec morušový má svůj životní cyklus. Má ve svém vývoji stádia: vajíčko, housenku, kuklu (kokon) a motýla [8].



Obr. 1. Bourec morušový [8].

2.1. Životní cyklus bource morušového

Životní cyklus bource morušového obvykle trvá 55-60 dní, ale může být i delší. Závisí na typu snášení vajec a na podmínkách chovu [4]. Vývin housenky z vajíčka trvá v závislosti na klimatických podmínkách 8-12 dní. Housenky se živí výhradně listím z moruše [8]. Během tohoto krmení narůstá její hmotnost cca od 0,45 do 45 g a na délku přibližně od 3 mm do 8 cm [4]. Po ukončení každého stádia housenka přestane žrát a převléká se.

Po posledním stádiu mění housenka barvu, přestane žrát a začne vytvářet kokon. Tvorba kokonu trvá 1 – 4 dny.



Obr. 2. Krmení čtvrtého věku housenek [1].

Housenka při tom uvolňuje vlákno v polotekutém stavu ze dvou otvorů na spodní části hlavy. Zpočátku odtahuje vlákno hlavou, později je vytlačováno [8]. (Přírodní hedvábí, které housenka vylučuje dvěma otvory, je vlastně dvojité vlákno, jehož podstatou je fibroin. Obě vlákna jsou spojena látkou bílkovinného původu zvanou sericin [2].) Protože se tak děje pod různým tlakem, nemá vlákno po celé délce stejnou tloušťku. Zpočátku je tenčí, nestejněměrné, uprostřed je silnější, stejnoměrnější a ke konci je opět tenčí a nestejněměrné tloušťky. Délka vlákna bývá 1200 – 1500 m, někdy i 3000 m. Vytvořený kokon tvoří ochrannou vrstvu pro vývoj kukly a motýla. Po dokonalé přeměně se motýl dostává z kokonu vyloučením speciální tekutiny, která hedvábí rozpouští [8].

Vnější vrstva hedvábí na kokonu je nepravidelná a odstraňuje se jako hedvábný odpad. Zrovna tak nelze odvíjet vnitřní část, a proto se zpracovává rovněž do odpadu. Střední vrstva je rovnoměrnější a jde jí odvíjet. Vlákno se odvíjí z několika kokonů současně, a to podle požadované jemnosti příze. Při tom se odvíjí současně vlákno z kokonů nových (začátek vlákna), částečně odvinutých i téměř úplně odvinutých (konec vlákna). Tím se získá stejnoměrnost hedvábné nitě.

Asi po 10–12 dnech po zapřádání housenky se kukla usmrtí buď horkým vzduchem (kolem 85°C), nebo párou, popřípadě i jiným způsobem a pak se suší.



Obr. 3. Kokony bource morušového [10].

2.2. Smotávání

Sericin změkne v horké vodě a vlákna 5 až 6 zámotků se spojí dohromady, slepí se chladnoucím sericinem a smotávají se na viják [6]. Smotávání se provádí na smotávacích strojích. V první fázi procházejí zámotky šlehacím kotlíkem, kde se máčejí vodou (95 až 96°C), a pak se kartáčem odstraní vrchní nespřadatelná vrstva. V druhé fázi přicházejí zámotky do smotávací pánve. Speciální ústrojí (příkladač) vlákno odřízne a přikroutí ke smotávané niti. Pak se hedvábná nit smotává na přádena konstantní hmotnosti [2].



Obr. 4. Ukázka smotávání přírodního hedvábí klasickou cestou[10].

3. ZPRACOVÁNÍ PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ

3.1. Degumování – odklížení

Termín degumování znamená částečné nebo úplné odstranění sericinu, který pokrývá dvě fibroinové vlákna. Sericin zodpovídá za křehkost, vlákno surového hedvábí je zbarvené do nažloutlé až zeleno nažloutlé barvy. Teprve po degumování hedvábí dosáhne svého lesku, měkkosti a hedvábného omaku. Tyto vlastnosti lze dále zlepšit při barvení. Odstraněním sericinu se snižuje měrná hmotnost až o 2-30% v závislosti na požadovaném stupni degumování.

K odkližování se používá především mýdlo, z kterého se vytvoří lázeň a při teplotě 90-98°C, po dobu 2-4 hodin, se hedvábí odkližuje. Po té se provádí oplachování.

Další metody degumování používají roztoky enzymu (např. papain, trypsin nebo různé bakteriální enzymy), vařící vodu pod tlakem, slabě alkalický roztok (např. jedlá soda NaHCO_3 , čpavek NH_3) nebo kyselý roztok (např. kyselina vinná a kyselina citrónová). Tento proces může být urychlen pomocí ultrazvuku.

Nové metody degumování byly vyvinuty pro úsporu času, vody a energie ve výrobním procesu. Nejnovější práškové produkty se skládají hlavně ze sodných solí, jako jsou fosfáty a uhličitany. Kromě sodných solí tekuté čisticí prostředky také obsahují aniontové povrchově aktivní látky a jiné organické látky, jako izoláty a ochranné látky vláken. Na rozdíl od mýdla lze tyto novější produkty použít v kontinuálních procesech [18].

3.2. Zatěžování

Úbytek hedvábí na hmotnosti během degumování se vyrovnává tzv. zatěžováním hedvábí. Zatěžování se provádí začleněním kovových solí, minerálních látek, rostlinných nebo syntetických látek do fibroinu. Navíc tímto procesem se dosahuje zvýšeného objemu vláken a lepšího lesku [18]. Jestliže se provede zatěžování na původní hmotnost, nazývá se zatěžováním *al pari*, zatíží-li se méně nebo více, vyjadřuje se tak obvykle *pod pari* nebo *nad pari*. Zatěžováním se mění vlastnosti vlákna [2].

3.3. Bělení

Ve většině případů jsou barevné pigmenty nacházející se v sericinu odstraněny během degumování. K dosažení jasných bílých tónů a brilantních světlých odstínů mohou být použity oxidační nebo redukční bělicí látky. Bělení se obvykle provádí po degumování. Redukční bělicí látky, které mohou být použity pro hedvábí, jsou oxid dusný, disiřičitan, nebo vodík disiřičitanu. Oxid siřičitý se preferuje z řady důvodů, hlavní z nich jsou snadná manipulace, nižší náklady a zachovalost vláken.

Nicméně oxidační bělení peroxidem vodíku má mnohem větší význam. Výsledná bělost je na rozdíl od oxidu siřičitého perzistentní a materiál je bez zápachu. Koncentrace a teplota bělení alkoholem závisí na množství barevného pigmentu, který na vlákně zůstal.

Optické zjasňující prostředky jsou přidány do bělidla, dosahují plné bělosti. U hedvábí je většinou degumování a bělení prováděno ve stejné lázni. Vzhledem k tomu, že bělení má menší škody, než minerální zatěžování, je bělení obvykle prováděno po zatěžování. Divoké hedvábí (tzv. plané hedvábí zvané Tussah, je výměšek bource dubového) vyžaduje mnohem silnější bělicí podmínky, než bourec morušový, protože jeho vlastní intenzivní barvy nelze odstranit ani během degumování. V závislosti na kvalitě divokého hedvábí může být dosaženo úplně bělosti jen s obtížemi, přičemž je vlákenné poškození nevyhnutelné [18].

3.4. Barvení

Hedvábí jako proteinové vlákno může být barveno téměř všemi typy barviv používaných pro barvení vlny, jako jsou kyselá, základní, kovo komplexní, reaktivní, kypová barviva a stejně jako pigmenty. Výběr barvy určuje její stálost. Kyselá barviva jsou nejčastěji používané barvy, jak pro ruční hedvábí, tak pro kusové zboží, protože dávají dobrou až velmi dobrou světlostálost a k dispozici je široká škála barev. Ačkoli základní barvy dávají lesklé a jasné barvy, stálobarevnost je nižší. Tato hodnota může být zlepšena přidáním kyseliny octové. Dále se mohou používat i kovové komplexní barviva 1:2. Kypová barviva rychle blednou, což působí značné poškození vláken při vystavení silnému světlu. Zatížené hedvábí nemůže být obarveno kypovými barvivy. Reaktivní barviva dávají dobré výsledky, zvláště při použití za alkalických podmínek. V mnoha případech barvení reaktivními barvivy vede k dalšímu upevnění barviva k vláknu pomocí kovalentní vazby s řadou funkčních skupin současnosti.

Teplota barvení by neměla překročit 90°C. Pro hedvábí lze používat všechny barvicí stroje, které se používají u ostatních textilních vláken. Stroje musí být modifikovány z důvodu citlivosti u hedvábí na tažnou sílu a mechanické namáhání[18].

4. DRUHY HEDVÁBÍ

Gréž-	surové, nedegumované hedvábí ze střední části zámotku (cca 95%).
Hedvábný odpad-	nejvrchnější část kokonu (cca 5%).
Trama-	začátek vnitřní části kokonu (konec zámotku).
Organzin-	skaná nit z 2-3 greží.
Duipon-	nestejněměrné hedvábí z dvojjámotků .
Buret-	staplová příze vypředená klasickým způsobem z podřadných odpadů při smotávání – krátká vlákna.
Šapová a floretová příze-	z odpadového hedvábí získané při smotávání kokonů, je z dlouhých vláken [7].
Krep-	2-8 nití greže silně skané
Mušelín-	1 nit greže s pravým nebo levým zákrutem [5].

Smotávané hedvábí má vlákna uložena paralelně téměř bez zákrutů. Proto se mu uděluje zákrut podle účelu použití a podle potřeby se ská. Zákruty mohou být S i Z [2]

5. KLASIFIKACE A ZKOUŠENÍ

Jemné hedvábnické příze pro tkaní jsou rozděleny do dvou skupin:

- Příze vyrobené ze surového hedvábí: trama, organzin, krep a mušelín.
- Příze vyrobené z hedvábného odpadu: buret, šapová a floretová příze.

Jemnost (délková hmotnost) vláken se vyjadřuje:

$$T[\text{tex}] = (m[\text{g}]/l[\text{km}])$$

Jiné značení jemnosti: Číslo metrické ($\text{Čm} = l[\text{m}]/m[\text{g}]; T = 1000/\text{Čm}$)

Denier ($T_d = 9T$)

Číslo anglické bavlnářské ($N_e = \text{Čm}/1,69336$)

Číslo anglické vlnářské ($N_e = \text{Čm}/1,12891$)

Jemnost vláken greže se vyjadřuje v denierech nebo dtex ($\text{g}/10\,000\text{m}$).

Podle International Silk Association in Lyon (Mezinárodní Organizace Hedvábí v Lyonu), standardní klasifikace greže zahrnuje 12 tříd jakosti: 6A, 5A, 4A, 3A, 2A, A, B, C, D, E, F a G. Třída 6A představuje nejlepší kvalitu, které je dosaženo zřídka, G je nejnižší stupeň. Kvalita běžně dostupná na trhu je 20-22 den, což odpovídá třídě 3A a 4A. Hedvábné nitě jsou testovány objektivně a subjektivně. Objektivní testování obsahuje testy na velikost, pevnost, tažnost, soudržnost, stanovení vlhkosti a obsahu sericinu.

Subjektivní testování zahrnuje tzv. „seriplane test“, ve kterém jsou vlákna greže navinuta na černé desce a na ní se hodnotí vizuálně rovnoměrnost, čistota a elegance. Nicméně se stále častěji upřednostňuje elektronické testování.

Mnoho zemí produkujících hedvábí mají své vlastní systémy pro klasifikaci kvality surového hedvábí. Čínský systém klasifikace je nejdůležitější, protože má největší podíl ve výrobě hedvábí. Země bývalého Sovětského svazu a Brazílie používají podobný systém. Klasifikaci obvykle provádí subjektivně-vizuálně, proto není dobré reprodukovat hodnocení. Čínský systém klasifikace greže zahrnuje 12 tříd jakosti: 6A, 5A, 4A, 3A, 2A, A, B, C, D, E, F a nestandardní. Třída 6A představuje nejlepší kvalitu, naopak nestandardní třída nejhorší stupeň kvality.

Mezinárodní hedvábnická asociace (AIS – Association Internationale de la Soie) bojuje o zavedení nového systému Mezinárodní klasifikace surového hedvábí, a to o systém založený v texech a snížený ze 12 (čínských) na 8 tříd. Klasifikace může být provedena buď tradičním „seriplane testem“ (subjektivní vizuální kontrola s platovými třídami S6, S5,

S4, S3, S2, S1, S0 a Ssub), nebo zkušebními metodami elektroniky (elektronicky automatizované testování s jakostí: E6, E5, E4, E3, E2, E1, E0 a Esub) [18].

6. CHEMICKÉ SLOŽENÍ PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ

Surové vlákno přírodního hedvábí se skládá z fibroinu a sericinu, jak již bylo uvedeno výše [2]. Fibroin tvoří 75-83% hmotnosti surového hedváb a sericin, který obklopuje dvě fibroinové vlákna se pohybuje od 17 do 25%, v závislosti na druhu a původu přírodního hedvábí [18]. Obě látky jsou vysokomolekulární proteiny, a skládají se, podobně jako vlna, z aminokyselin. Na rozdíl od živočišných srstí převažují aminokyseliny s kratším alifatickým řetězcem (glycin, alanin, leucin) a neobsahují aminokyseliny se sírou v molekule (cystin, methionin) [2]. Dále vosky a tuky tvoří cca 1,5% a malé množství amino cukrů bylo také zjištěno [18].

Amino acid	Fibroin	Sericin
Glycine	44.5	14.7
Alanine	29.3	4.3
Serine	12.1	37.3
Tyrosine	5.2	2.6
Valine	2.2	3.6
Aspartic acid and asparagine	1.6	14.8
Glutamic acid and glutamine	1.0	3.4
Threonine	0.9	8.7
Isoleucine	0.7	0.7
Phenylalanine	0.6	0.3
Leucine	0.5	1.4
Arginine	0.5	3.6
Lysine	0.3	2.4
Proline	0.3	0.7
Histidine	0.2	1.2
Methionine	0.1	
Tryptophan	0.2	
Half cystine	0.04	0.1

Obr. 5. Aminokyseliny ve fibroinu a sericinu (v molech %) [18].

6.1. Sericin

Sericin je bílkovinná složka, představuje asi 25% hmotnosti kokonu [4]. Je nerozpustný ve studené vodě, částečně rozpustný v horké vodě. Je dobře rozpustný v kyselých a alkalických roztocích. Od vlastního vlákna fibroinového se odděluje rozpouštěním v mírně alkalických roztocích procesem, kterému se říká odkližování - degumování hedvábí [2]. Je jednoduchý, ale důležitý. Můžeme také použít zředěné mýdlo, zředěné kyseliny nebo enzymové metody. Skladba sericinu je výrazně odlišná od skladby fibroinu (viz obr. 5). Je

bohatý na serin, glycin a kyselinu asparagovou [4].

Podle nejnovějších výzkumů se sericin skládá ze dvou proteinů, a to A a B. Sericin A je rozpustnější a poddajnější, kdežto sericin B je tužší a odolnější. Ačkoli je sericin příčinou drsného omaku surového hedvábí, je z hlediska zpracování jeho přítomnost vítána, neboť působí jako ochranná vrstva [3].

6.2. Fibroin

Fibroin je ve studené vodě i za varu nerozpustný [2]. Z 20 aminokyselin se podílejí na chemickém složení fibroinu z Bource morušového (viz. obr.5.) čtyři z nich – glycin, alanin, serin a tyrosin. Tvoří více jak 90 mol %. Fibroin obsahuje velmi málo cystinu. Alanin je nejčastější aminokyselinou fibroinu divokého hedvábí [18].

V tabulce 1 je uveden počet jednotlivých druhů bočních skupin R, které jsou udány v molech. Z této tabulky je zřejmé, že počet zásaditých a kyselých skupin v hedvábí je poměrně malý ve srovnání s vlnou. To znamená, že množství kyselin nebo zásad absorbovaných hedvábím je nižší než u vlny. Tak absorpce kyselin zásaditými skupinami je 0,15 ekvivalentů na kg, kdežto u vlny 0,82 ekvivalentů. Většina polárních skupin v hedvábí je dána přítomností serinu a treoninu ve srovnání s nepolárními skupinami [3].

Tab. 1. Počet polárních a nepolárních bočních skupin v hedvábí [3].

POLÁRNÍ SKUPINY	NEPOLÁRNÍ SKUPINY
Zásadité: 11,3	Alifatické: 425,5
Kyselé: 29,4	Glycinové: 567,2
Fenolické: 62,3	
Hydroxylové: 164,5	

Vzhledem k malému počtu objemových skupin se mohou hlavní řetězce k sobě značně přiblížit a utvořit vodíkové můstky pomocí polárních skupin. Proto cuprietylén-diamin rozpouští hedvábí, neboť má značnou schopnost štěpit vodíkové můstky, to je podstatný rozdíl ve srovnání s vlnou, kdy je třeba ještě rozštěpit disulfidické příčné vazby, aby se vlna rozpustila [3].

Poměrná molekulová hmotnost fibroinu se udává v rozmezí 200 000 až 300 000, podle stanovení koncových skupin. Fibroin rozpuštěný v cuprietyléndiaminu dává podstatně nižší hodnotu, a to 60 000 [3].

7. VLASTNOSTI PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ

Geometrické, mechanické, fyzikální a chemické vlastnosti vláken do značné míry řídí mechanické a chemické zpracování (předení, tkaní, pletení, příprava, barvení, tisk a dokončovací práce) vláken [18].

Z textilního hlediska se u přírodního hedvábí cení zejména jeho hebkost, plný omak a význačný lesk. Uvedených vlastností se docílí odstraněním sericinu ze surového hedvábí, jak již bylo uvedeno výše [3]. Odklížené přírodní hedvábí má bílou barvu a dá se snadno barvit.

Co se týče testovacích metod a teorií, tak vlastnosti považované za důležité, jsou především rozdíly ve vzhledu a chování hedvábí. Jsou to morfologické rysy a mechanické vlastnosti [4].

Mezi další neméně důležité charakteristiky vláken přírodního hedvábí jsou délka a tloušťka. Dále je také důležité jak se vlákna chovají pod vlivem chemikálií a jak na ně účinkují. Co se týče dalších vlivů na vlákna tak je také vliv teploty, jako dalšími zajímavými vlastnostmi přírodního hedvábí se v odborné literatuře uvádějí účinek stárí, účinek slunečního světla, účinek bělicích prostředků, odolnost vůči molům, odolnost vůči hnití a spalovací zkouška.

7.1. Morfologické rysy – struktura vlákna

Struktura vlákna, ať se jedná o vlákno přírodní, kde vzniká v průběhu jeho růstu (jednotky, měsíců), nebo chemické (desetiny sekund), je základem jeho vlastností. Vzhledem k tomu, že struktura vlákna je určujícím faktorem pro jeho vlastnosti, jsou metody na jeho zjišťování důležité a v současné době stále prohlubující. Jsou to zejména tyto metody: světelná mikroskopie, tepelná mikroskopie, mikroskopie v polarizovaném světle, diferenciální termální analýza, rastrovací mikroskopie. Jedná se o metody značně náročné – přesto „náhled“ na strukturu vlákenných polymerů a osvětlují příčiny jejich vlastností [6].

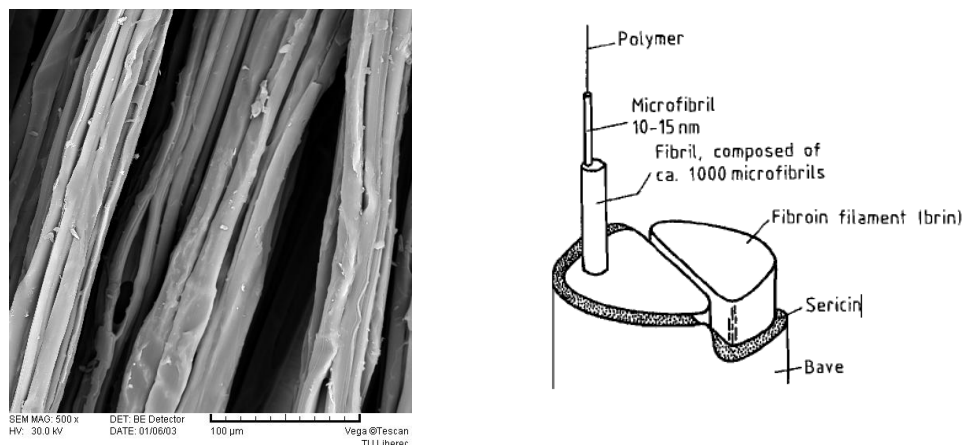
7.1.1. Mikroskopické znaky přírodního hedvábí

Vzhled hedvábnických vláken v příčném řezu, je nepravidelného trojúhelníkového tvaru. V příčném řezu surového hedvábí jsou vlákna v párech, které drží pohromadě sericin. V podélném pohledu surového hedvábí jsou také vlákna v párech. Vlákna se smotávají s více

kokonů najednou, které jsou rovněž slepeny sericinem, proto se na neodklíženém (není degumováno) hedvábí objevuje příčné pruhování, způsobené vrstvou mnoha vláken.

Podélný pohled odklížených hedvábnických vláken vypadá jako jemně kroucené vlákno s několika vnějšími znaky.

Průměrný průměr vláken se liší podle typu, různých druhů a podmínek spřádání. Dále se také liší podle umístění v kukle. Na vnější straně je hrubší a na vnitřní straně je jemnější. V některých případech může být rozdíl až 25% [4].

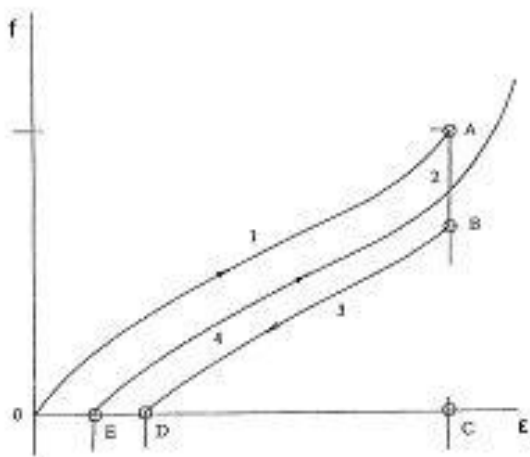


Obr. 6. Pohled v podélném směru a příčném řezu surového hedvábí [11,18].

7.2. Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti, tak jako ty ostatní, jsou odezvou struktury vláken. Uplatňuje se zde oblast krystalická právě tak, jako oblast amorfní. Oblast krystalická je však velmi pevná – jednotlivé krystality se tahovými a jinými silami nedeformují, ale oblast amorfní snadno podléhá vnějším silám a dochází v ní k deformacím a to jak ve směru působící tahové síly, tak ve směru sil příčných. Vláknem se následkem těchto změn deformuje – postupně ztenčuje až do jeho fáze přetrhu, ke kterému dochází v místech povrchových mikrodefektů. K němu dochází zejména skluzem a vytažením některých makromolekul z krystalitů. Znamená to, že čím je vlákno krystaličtější a orientovanější, tím je pevnější a jeho deformalita je nízká. Zjišťujeme podle charakteru tahových křivek.

Tahové křivky představují situaci, kdy vlákno je namáháno až k mezi jeho pevnosti. Při opakovaném způsobu namáhání vlákna je zjišťována jeho zotavovací, relaxační schopnost [7].



Obr. 7. Tahové křivky [7].

Legenda k tahovým křivkám: 1. – fáze zatěžování do bodu A, 2. – pokles pevnosti na základě strukturálních změn amorfních oblastí (křivka A-B) na základě strukturálních změn amorfních oblastí, 3. – fáze odlehčování (křivka B-D), fáze úplného odlehčení při $f=0$, úsek až do počátku 0. V tomto čase odlehčení dochází ke zotavení amorfní struktury, jejíž vyjádření je úsek 0-E je plastická deformace po 1. Zatěžovacím stupni. V bodě E začíná náběh na druhou tahovou křivku, 4. – druhý zatěžovací cyklus [7].

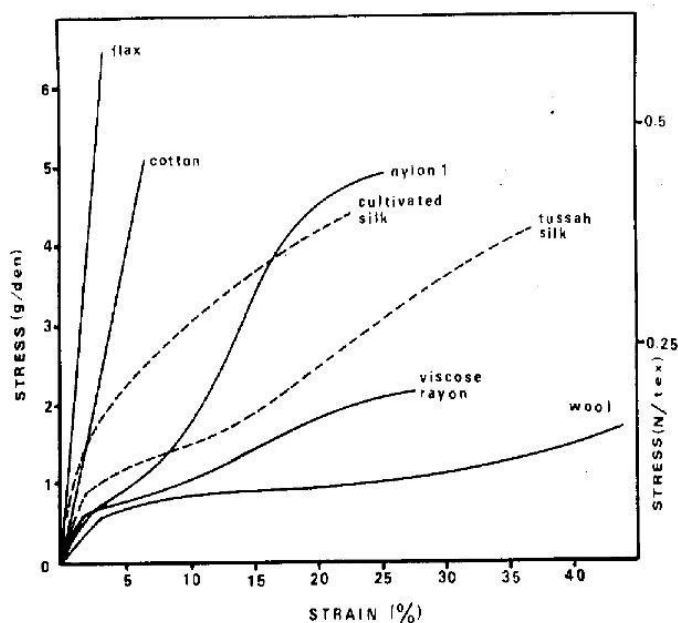
7.2.1. Tahové vlastnosti přírodního hedvábí

Hedvábí je jedinečné mezi přírodními vlákny, protože jeho poměrně vysoká pevnost a roztahení je více podobná syntetickým vláknům, než přírodním vláknům. V tomto důsledku se hedvábí ukázalo, jako vysoce žádoucí při výrobě textilních materiálů, kde je požadována odolnost. S příchodem syntetických vláken, jako je nylon, jehož vlastnosti splňují širokou škálu požadavků, klesla spotřeba hedvábnických vláken. Tvar a délku tahové křivky ovlivňují různé faktory. Patří mezi ně zatížení, čas, rychlost testování, předchozí historie zatížení, teplota a předchozí chemické nebo mechanické zacházení se vzorkem. Tahová křivka napětí pro pěstované hedvábí je přibližně parabolická s počátečním modulem komponentu. Mezní napětí, houževnatost, rozšíření pěstovaného hedvábí ob stojí i ve srovnání s vlákny, jako je nylon. Křivka namáhání je pod střední tahovou křivkou, tudíž je lepší než kterákoliv jiná přírodní vlákna. Počáteční modul, který je mírou odporu k rozšíření se vztahuje k tuhosti vláken. Hedvábí vystavuje mírný počáteční modul, je vyšší než nylon a vlna, ale nižší než len nebo polyester [4].

Pevnost přírodního hedvábí:

-za sucha: $f = 290-390$ [mN/tex]

-za mokra: $f = 230-310$ [mN/tex] [7].



Obr. 8. Typické tahové křivky pro hedvábí a další vlákna [4].

7.2.2. Elastické zotavení

Hedvábí obecně ukazuje mírně vysoký stupeň rozměrového nebo elastického zotavení z velkého napětí a deformace. Obnova hedvábí relativně nízkého napětí je srovnatelná s nylonem. Na druhou stranu, zotavení z nízkého napětí není z daleka tak dobré jako u nylonu, z důvodů nízkého výnosu kmene z hedvábí. Jak lze očekávat, v napětí, nebo napětí mimo meze kluzu, oživení dramaticky klesne s nástupem trvalé deformace.

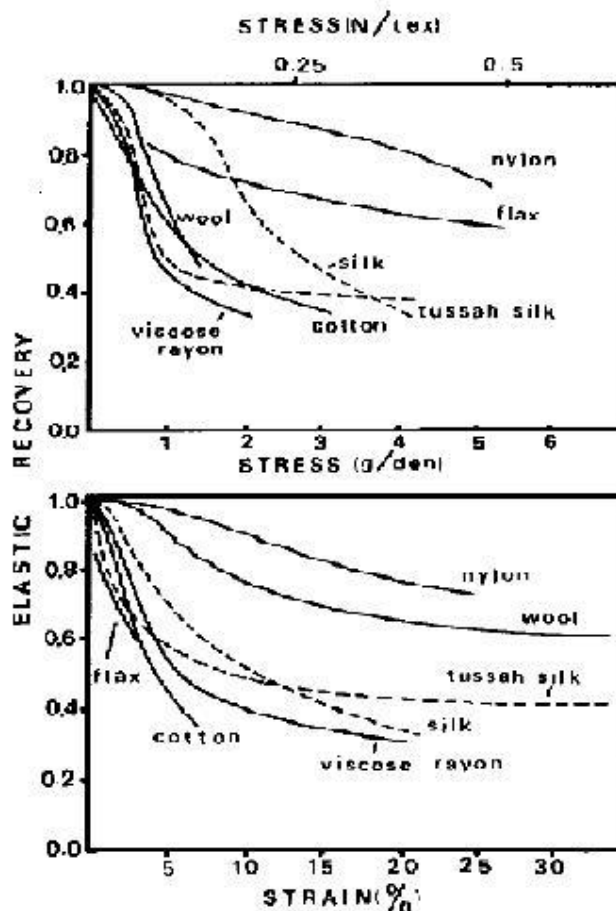
Vztah mezi jemností a využitím vláken, je takový, že čím je vlákno jemnější, tím je lépe využitelné.

Elastické zotavení u hedvábí se mění s vlhkostí vláken. Pružné využití a trvalé vynětí nízkých zákrutů u multifilních hedvábnických nití podléhá konstantní rychlosti deformace. Hedvábí spolu s vlnou patří téměř k nejvíc dokonalým elastickým vláknům [4].

Tažnost přírodního hedvábí:

-za sucha: $\epsilon = 13-25$ [%]

-za mokra: $\epsilon = 25-30$ [%] [7].



Obr. 9. Elastické zotavení hedvábí a dalších vláken [4].

7.3. Délka a tloušťka vláken

Délka vláken u přírodního hedvábí se pohybuje v rozmezí od 500 do 1500 metrů. Tloušťka je od 13 do 15 μm .

7.4. Účinek chemikálií

Protože příčné vazby v molekule fibroinu jsou tvořeny převážně vodíkovými můstky, chová se přírodní hedvábí (ačkoli se skládá z aminokyselin, jako vlna) poněkud jinak, než vlna, např.: lépe se odbourává [2].

Kyselina chlorovodíková rozpouští fibroin. Ve srovnání s vlnou přírodní hedvábí zásadám odolává více, než vlna, ale je velice citlivé na oxidační látky. Při působení slabých alkálií ztrácí lesk (vyprání v mýdle). Pára o teplotě 100°C také rozpouští fibroin. Mezi další látky,

které rozpouští fibroin, jsou koncentrované roztoky solí alkalických kovů chlorid zinečnatý, a to důsledkem porušení vodíkových můstků [5].

7.5. Vliv chemikálií

7.5.1. Vliv kyselin

Zředěnými kyselinami se nepoškozuje, koncentrovaná kyselina sírová, kyselina chlorovodíková, kyselina dusičná vlákno hydrolyticky rozkládá [5]. Závisí na pH, teplotě a době působení. V těchto kyselinách nejprve hedvábí bobtná a potom se zkracuje délka nitě až na jednu třetinu. Při delším působení se hedvábí mění v hmotu podobnou želatině a nakonec se rozpouští. Slabé roztoky kyseliny mléčné, octové, mravenčí nebo sírové se používají k tzv. aviváži, tj. k neutralizaci alkálií zbylých při odkližování, a dále k dosažení specifické hedvábné šustivosti [6]. Koncentrovaná kyselina dusičná dává xantoproteinovou reakci. Kyselina mravenčí způsobuje bobtnání [5].

7.5.2. Vliv alkálií

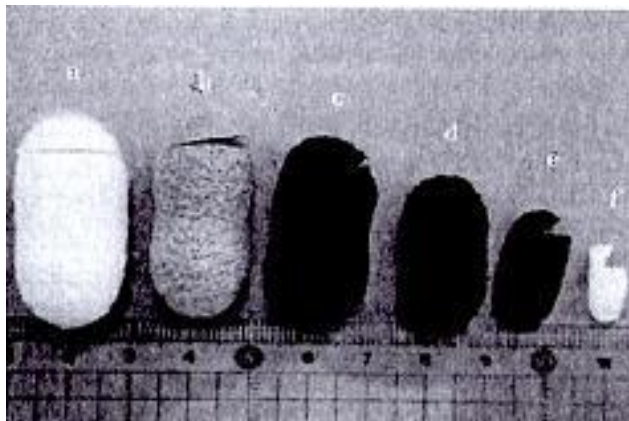
Přírodní hedvábí je odolnější než vlna, jeho lesk se však snadno ztrácí. Koncentrovanější zásady je rozpouští, podobně i zředěné zásady ve varu [5]. Velmi slabé roztoky alkálií napomáhají rozpouštění sericinu a přitom nepoškozuji fibroin. Jejich škodlivost se začíná projevovat při koncentraci 2°Bé. (Bé je stupeň Baumé – je měrná jednotka k určování hustoty kapalin [14].) Snižují pevnost a tažnost hedvábí, zmenšují jeho lesk, hebkost a měkkost a rozštěpují vlákna jednotlivých nití na fibrilky. Horké roztoky alkálií silnější koncentrace (8-10°Bé) již po několika minutách rozpouštějí fibroin [6].

7.5.3. Vliv redukčních a oxidačních prostředků

Odklížené hedvábí je dosti citlivé na oxidační činidla. Chlorany se adsorbují za vzniku chloramidů [5].

7.6. Vliv teploty

Po delší dobu dobře snáší teplotu 140°C (při dlouhodobé expozici hnědne a žloutne). Od 150°C začíná degradovat fibroin – hnědne. Od 170-180°C dochází k počátku rozkladu. Vliv tepelné expozice na stav kokonu bource morušového je znázorněn na obr. 10: (a) původní stav, (b) 30 min při 190°C, (c) 30 min při 250°C, (d) 60 min při 350°C, (e) 180 min při 450°C a (f) 720 min při 550°C [5,6].



Obr. 10. Vliv tepelné expozice na stav kokonu bource morušového [5].

7.7. Další vlivy a účinky na vlákna přírodního hedvábí

7.7.1. Stáří a sluneční světlo

Hedvábí stárne více nebo méně podle stupně zatěžování. Nezatížené hedvábí prakticky nestárne. Sluneční světlo snižuje pevnost a zhoršuje barvitelnost [6].

7.7.2. Bělící prostředky, škůdci a hnití

K bělení vláken hedvábí se používá peroxid vodíku nebo oxid siřičitý. Odolnost vůči molům je bezproblémová, hedvábí není obvykle napadáno. Taktéž odolnost vůči hnití je dobrá [6].

7.7.3. Spalovací zkouška

Při spalovací zkoušce hoří rychleji než vlna, zapáchá po rohovině. Zanechává křehkou, lesklou kuličku. Zatížené hedvábí nehoří, pouze žhne a zanechává kostru vlákna, skládající se z použitého zatěžkávacího prostředku [7,6].

7.8. Přehled vlastností živočišných vláken

Mezi živočišná vlákna řadíme vlnu a jiné srsti a přírodní hedvábí. Tento přehled můžeme vidět na obr. 11, kde jsou tedy srovnávané vlastnosti: délka vlákna, pevnost za sucha a mokra a tažnost za sucha a mokra.

Vlna a srsti

délka vlákna [mm]	f_s [mN/tex]	f_m [mN/tex]	ϵ_s [%]	ϵ_m [%]
50 – 450	90 – 180	80 – 160	25 – 35	25 – 55

Přírodní hedvábí

délka vlákna [km]	f_s [mN/tex]	f_m [mN/tex]	ϵ_s [%]	ϵ_m [%]
0,5 – 1,5	290 – 390	230 – 310	13 – 25	25 – 30

Obr. 11. Přehled vlastností živočišných vláken [7].

8. POUŽITÍ PŘÍRODNÍHO HEDVÁBÍ

Uměle vytvořená vlákna (vlákna polyamidová a polyester) si získala oblibu především tam, kde původně převažovalo hedvábí. Mezi oceňované vlastnosti patří především dobrá trvanlivost a jednoduchost žádoucí, např. padáky, úplety a tkaniny pro kravaty [4]. Přírodní hedvábí může při použití na textilní výrobky konkurovat umělým vláknům jen tam, kde se vyžaduje zvláštní vzhled (lesk), efekt nebo určitá exkluzivita (móda) spolu se solidními užitnými vlastnostmi (tažnost, ohebnost, lehkost, izolační schopnosti) [10]. Jako izolační materiál je používán pro kabelové krytí a v chirurgii [18]. Hedvábí je ještě používáno v tkaninách pro vysoce módní oblečení a kroje, kde je např. barva vysoce žádoucí vlastnost. Např. v Japonsku se pro výrobu kimona používá až 90% tkaniny z hedvábí. Dále se s ním můžeme setkat v omezené míře u luxusních závěsů, potahovaných látek, šátků, spodního prádla, nočního prádla, halenek, kapesníků, krajek, stuh a bordur [4]. Také se používají jako přídavek efektivní nitě do tkanin [7]. Také v kosmetice si hedvábí našlo své místo. Hedvábný prášek se přidává do rtěnek, krémů a mýdel, fibroin a sericin se přidává do šampónů a vodiček [18].

8.1. Zajímavé aspekty o hedvábí

Známku pro textilie vyrobené ze 100 % hedvábí uděluje Mezinárodní organizace hedvábí v Lyonu. Znamka má název „čisté hedvábí“.

Hedvábný atlas popisuje 150 různých hedvábnických tkanin. Např.: krep žoržet (večerní róby, halenky), krep satén (blůzy, večerní šaty, neglizé), taft (šaty, ozdůbky, koktejlové šaty, halenky).

Termofyziologický komfort při nošení hedvábnických tkanin je velmi vysoký, protože se

jedná o materiál velmi komfortní při nošení. Je však potřeba přijmout i některé nedostatky. Hedvábné materiály jsou velmi citlivé na opotřebení. Životnost hedvábných oděvů je omezena. Dochází k poškození v otěru a nepříznivé účinky způsobuje i lidský pot. Nízká odolnost hedvábí na světlo a nedostatečná světlostálost může vést ke žloutnutí přírodních barevných ploch a k barevným změnám na vnější straně oblečení.

Nošení hedvábí nepřináší žádná rizika, i když přichází do kontaktu se samotnou pokožkou. Alergie jsou pozorovány zřídka a jsou způsobeny nikoliv hedvábím, ale látkami přidanými během úprav.

V dnešní době jsou hedvábné oděvy často cenově na stejné úrovni jako oděvy z bavlny nebo syntetických vláken. Životní úroveň bydlení v jihovýchodní Asii a zvyšující se nároky na pohodlné oblečení z přírodních, ekologicky zpracovaných vláken umožňují sebevědomou prognózu spotřeby hedvábí v budoucnosti. S cílem zlepšit obraz hedvábí se vynakládá značné úsilí k zajištění určitých standardů kvality ve všech fázích zpracování hedvábí.



Obr. 12. Mezinárodní symbol hedvábí [18].

8.2. Péče o hedvábí






Není pochyb o tom, že mnoho potenciálních zákazníků se bojí koupit hedvábí, protože má pověst obtížné údržby u praní a žehlení. Hedvábí je často popisováno, jako jemné a křehké s ohledem na jeho vlastnosti. Když je hedvábí mokré, stává se extrémně citlivé vůči oděru. Naštěstí jsou moderní pračky, často vybavené jemnými pracími cykly, určené pro vlnu a další jemná vlákna. V tomto typu cyklu lze prát hedvábí šetrně [1]. Tento ušlechtilý materiál si zaslouží i šetrnou péči. Pere se opatrně v ruce a používají se speciální prací prostředky do max. teploty 30°C. Žehlí se přes suchý šátek na rubové straně při max.

teplotě 150°C. Materiál se nesmí drhnout, kroutit, ždímat ani sušit zavěšený v mokrému stavu [15].



Obr. 13. Symboly údržby pro výrobky přírodního hedvábí [16].

8.2.1. Co jednotlivé symboly znamenají

-  Maximální teplota do 30°C, normální mechanické působení, normální máchání a normální odstředování.
-  Výrobek se nesmí bělit.
-  Výrobek se nesmí sušit v bubnové sušičce.
-  Žehlení při maximální teplotě 110°C, opatrně při žehlení s parou.
-  Čištění rozpouštědly uvedenými v předchozím odstavci s omezeným přidáním vody a/nebo s omezeným mechanickým působením a/nebo s omezenou teplotou sušení. Samoobslužné čištění není dovoleno [16].

9. POSTAVENÍ NA TRHU

Z hlediska postavení na trhu má hedvábí dvě charakteristiky:

1. je to nejen velmi vzácné vlákno, které představuje 0,2 % z celkové textilní výroby vláken, ale jeho produkce nemůže být snadno a rychle zvýšena.
2. je poměrně obtížné se o něj starat, pokud jde o péči

To naznačuje, že hedvábí zastává jiné místo, než masově prodávaná vlákna. Od nejstarších dob bylo hedvábí vždy inspirací pro textilní tvorby, a to nejen umělecké ve smyslu barev a návrhů, ale také tvorbou inovační. Módní návrháři vždy zahrnují významné procento hedvábných šatů v jejich sbírkách, tyto šaty jsou považovány za nejlepší [1].

10. 10. NEJVÝZNAMNĚJŠÍCH VÝROBCŮ – 2005

Z průzkumu v roce 2005 vyšlo, že mezi deset nejvýznamnějších výrobců hedvábí se řadí:

Tab. 2. 10 nejvýznamnějších výrobců hedvábí [13].

ZEMĚ	PRODUKCE (V \$ 1000)	PRODUKCE (1000 KG)
Čínská lidová republika	978,013	290,003
Indie	259,679	77,000
Uzbekistán	57,332	17,000
Brazílie	37,097	11,000
Írán	20,235	6,000
Thajsko	16,862	5,000
Vietnam	10,117	3,000
Korejská republika	5,059	1,500
Rumunsko	3,372	1,000
Japonsko	2,023	600

Zdroj: pro výživu a zemědělství při Organizaci spojených národů: Hospodářský a sociální obor: Statistická divize [13].

11. MĚŘENÍ A SROVNÁVÁNÍ VLÁKEN

Cílem této části je srovnat hodnoty pevnosti a jemnosti odklíženého nezatíženého hedvábí s hodnotami, které jsou uvedeny v odborné literatuře, abychom mohli zjistit, zda jsou rozdíly výrazné či nikoliv. Hlavní rozdíl je v tom, že v literatuře jsou uvedené hodnoty už zatíženého hedvábí. Studenti Technické univerzity nemají na katedře textilních materiálů dostatečné prostředky pro to, aby mohli hedvábí zatížit, pouze ho můžou odklížit. Hedvábí bylo odklíženo vypráním vláken v mýdlovém alkalickém roztoku. Tato vlákna byla měřena na přístroji Vibroskop a Vibrodyn, kde se měří jemnost a pevnost. Měření bylo provedeno celkem z 50 vláken.

11.1. Přístroj Vibrodyn 400 a Vibroskop 400

Přístroj pro měření pevnosti vláken VIBRODYN 400 pracuje na principu dynamometru s konstantním přírůstkem deformace. Přístroj je spojen s přístrojem pro měření jemnosti vláken VIBROSKOP 400, na kterém je možno stanovit délkovou hmotnost vlákna. Oba přístroje jsou spojeny s počítačem. Software umožňuje statistické vyhodnocení jemnosti, pevnosti, tažnosti a poměrné pevnosti [cN/tex], [cN/den] zároveň se zobrazením pracovních křivek vláken.

Použití:

Stanovení pevnosti, tažnosti a relativní pevnosti [cN/dtex] resp. [cN/den] s možností zobrazení pracovních křivek vláken [12].



Obr. 14. Přístroj pro měření pevnosti vláken Vibrodyn 400 a Vibroskop 400 [12].

11.2. Naměřené hodnoty odklíženého, nezatíženého hedvábí

Všech 50 naměřených hodnot jemnosti, pevnosti a tažnosti jsou uvedeny v příloze. Tyto hodnoty jsou dále statisticky zpracovány a jsou uvedeny v tab. 3. Je vyhodnocen průměr, směrodatná odchylka, variační koeficient, maximální a minimální naměřená hodnota.

Průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Směrodatná odchylka:

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}.$$

Variační koeficient:

$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 [\%]$$

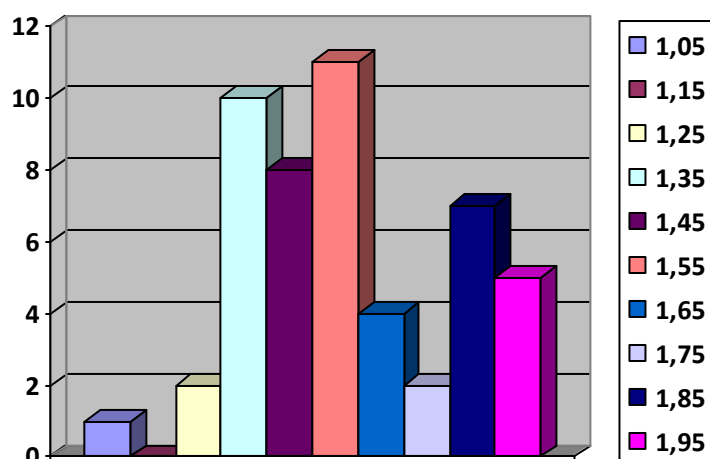
Tab. 3. Naměřené hodnoty vlastností

	JEMNOST [dTex]	PEVNOST [CN]	TAŽNOST [%]
Průměr	1,56	7,43	20,63
Směrodatná odchylka	0,22	1,50	5,47
Variační koef. [%]	13,93	20,22	26,50
Maximální hodnota	1,96	10,32	32,50
Minimální hodnota	1,03	0,02	6,50

V další tabulce 4. jsou zpracovány četnosti jemností.

Tab. 4. Četnosti jemností vláken

JEMNOST T	PRŮMĚRNÁ HODNOTA	ČETNOST
1,00-1,10	1,05	1
1,10-1,20	1,15	0
1,20-1,30	1,25	2
1,30-1,40	1,35	10
1,49-1,50	1,45	8
1,50-1,60	1,55	11
1,60-1,70	1,65	4
1,70-1,80	1,75	2
1,80-1,90	1,85	7
1,90-2,00	1,95	5
Suma:		50

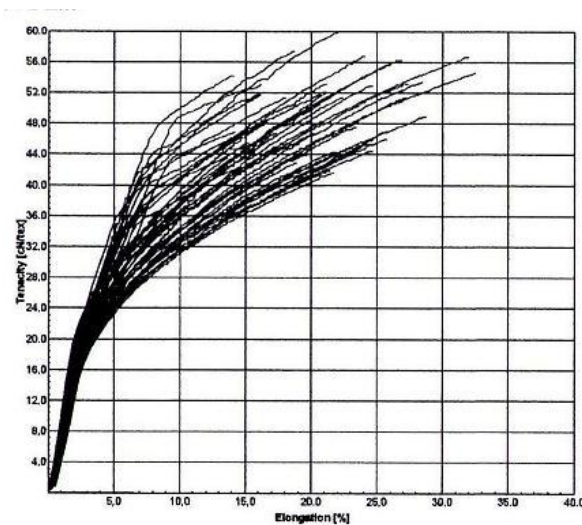


Obr. 15. Graf znázornění četnosti jemností vláken

Bylo tedy zjištěno, že nejčetnější jsou vlákna s jemností mezi 1,50-1,60 dTex.

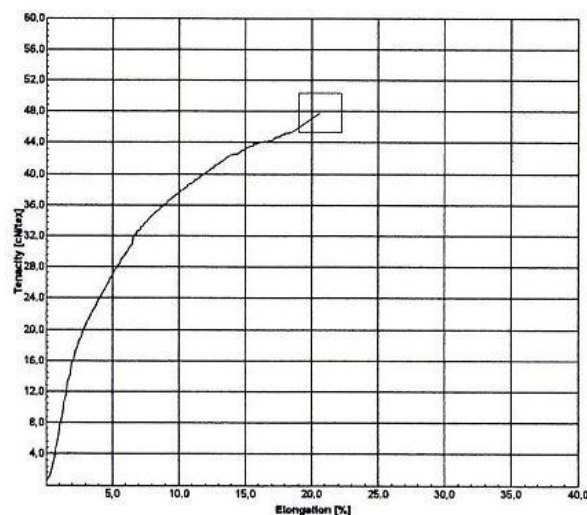
11.2.1. Tahové křivky

Na obr. 16. je v grafu znázorněno všech 50 tahových křivek jednotlivých vláken. Na ose x je měřena tažnost (elongation) a na ose y houževnatost (tenacity).



Obr. 16. Graf tahových křivek

Na obr. 17. je v grafu znázorněna už samostatná průměrná tahová křivka. Osy x a y jsou stejné jako u grafu 1. Tahové křivky.



Obr. 17. Graf průměrné tahové křivky

11.3. Tabulkové hodnoty odklíženého, zatíženého hedvábí

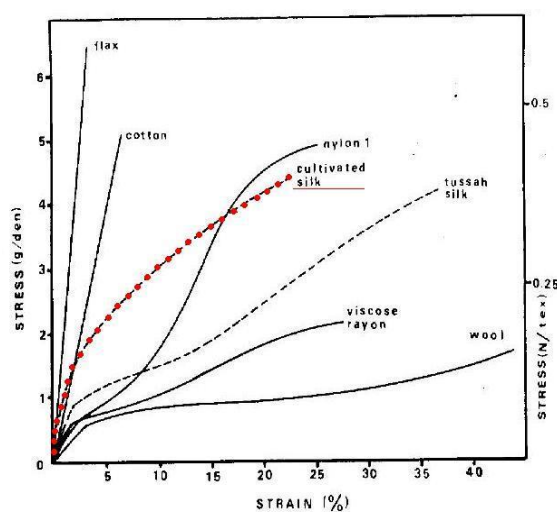
Tabulkové hodnoty uváděné v odborné literatuře: [6, 10,7].

JEMNOST	PEVNOST ZA SUCHA	TAŽNOST ZA SUCHA
0,11 Tex	3-5 cN	13-25%

Tab. 5. Tabulkové hodnoty vlastností hedvábí

11.3.1. Tahová křivka

Na následujícím grafu na obr. 18. je vyznačena tahová křivka přírodního hedvábí uváděná v literatuře červenou barvou pro lepší přehlednost.



Obr. 18. Tahová křivka hedvábí uváděná v literatuře [4]

11.4. Srovnání naměřených a tabulkových hodnot

11.4.1. Srovnání číselných hodnot

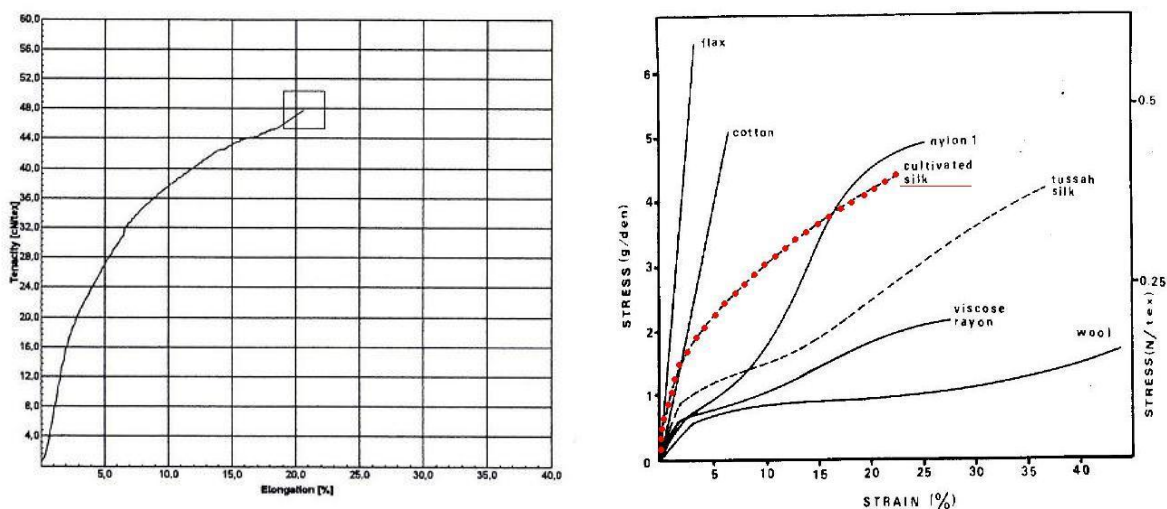
V tabulce 6. jsou pod sebou pro přehlednost uvedeny číselné hodnoty, jednotlivých vlastností. Průměrné hodnoty naměřeného hedvábí, byly převedeny do stejných jednotek, aby korespondovali s tabulkovými hodnotami. V závorce je vždy uvedena literatura a její autor.

Tab. 6. Srovnání číselných hodnot

	JEMNOST [Tex]	PEVNOST [cN]	TAŽNOST[%]
Naměřené hodnoty	0,15	7,43	20,63
Tabulkové hodnoty (příručka textilního odborníka – Pospíšil)	0,11	4,02-5,36	13-25
Tabulkové hodnoty (textilní zbožíznalství – Staněk)	neuvedeno	2,9-3,9	13-25
Tabulkové hodnoty (textilní vlákna – Hladík)	neuvedeno	2,8-4,9	18-25
Tabulkové hodnoty (nauka o materiálech 2 – Kovačič)	neuvedeno	2,9-3,9	13-25
Tabulkové hodnoty (textilní vlákna – Militký)	0,77	3-5	18-25
Tabulkové hodnoty (wikipedia)	1,25	3-5	24

Bylo zjištěno, že vlastnosti jsou opravdu rozdílné mezi zatíženým a nezatíženým hedvábím, ovšem rozdíly nejsou rapidně výrazné. Například tažnost nezatíženého hedvábí se vešla do intervalu, který je uváděn v odborné literatuře, což je vyhovující. Jemnost vyhovuje a pevnost vychází dokonce větší, což říká, že vlákna jsou pevnější, tzn., že je to velice dobré. Můžeme se o tom přesvědčit i v další podkapitole, kde budou srovnávány tahové křivky, kde taktéž není vysoký rozdíl.

11.4.2. Srovnávání tahových křivek



Obr. 19. Srovnání tahových křivek

Z těchto dvou obrázků je zřejmé, že tvar průběhu křivek je téměř stejný. Rozdíl je pouze na ose Y, kde na průběžné křivce měření je hodnota udávána v cN/tex a na křivce v odborné literatuře je pevnost udávána v g/den.

12. E-LEARNING

E-learning je vzdělávací proces, využívající informační a komunikační technologie k tvorbě kurzů, k distribuci studijního obsahu, komunikaci mezi studenty a pedagogy a k řízení studia.

Existuje řada definic e-learningu, které vznikaly v různých dobách. Vzhledem k nepřetržitému dynamickému vývoji e-learningu samotného, i v souvisejících informačních a komunikačních technologiích, se často výrazně liší. Některé jsou až příliš jednoduché a naopak některé příliš akademické, některé jsou velmi široké, některé zužují význam až příliš. Jsou zde uvedeny některé z nich, použité v různých materiálech v poslední době:

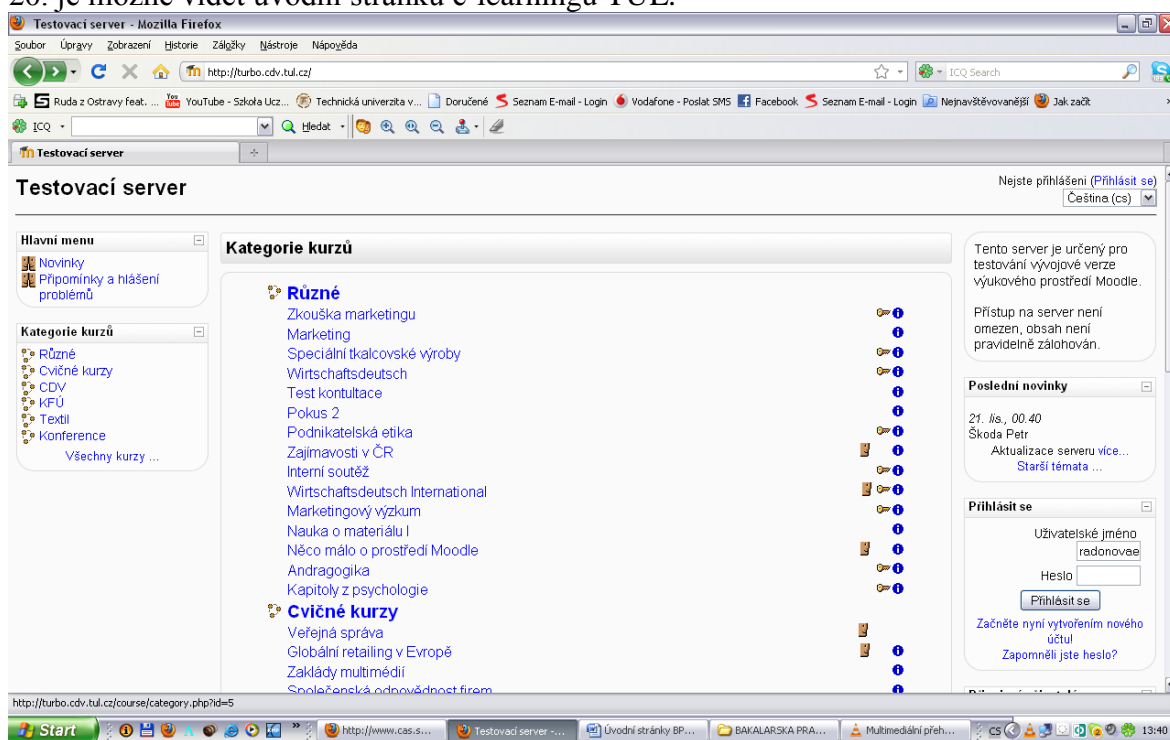
1. E-learning je výuka s využitím výpočetní techniky a internetu [Petr Korviny, Moodle (nejen) na OPF, OPF, 2005].
2. E-learning je v podstatě jakékoli využívání elektronických materiálních didaktických prostředků k efektivnímu dosažení vzdělávacího cíle s tím, že je realizován zejména prostřednictvím počítačových sítí [Kamil Kopecký, Základy e-learningu, Net University s.r. o., UP v Olomouci, 2005].

3. Jde o takový typ učení, při němž k získávání a používání znalostí je distribuováno a usnadňováno elektronickými zařízeními [Jan Průcha, Eliška Walterová, Jiří Mareš. Pedagogický slovník. Praha, Portál, 2009, s. 66].

Zatím se e-learning spojuje především s osobními počítači. Díky rozvoji nových kategorií výkonných komunikačních prostředků, jako jsou kapesní či osobní počítače, ale také nová generace mobilních telefonů, kde umožňují připojení k internetu, se začíná hovořit o m-learningu – mobilním vzdělávání. Dnešní mobilní telefony mají dostatečný výkon i pro přehrávání videopořadů a není důvod, proč by nemohly sloužit ke vzdělávání, stejně jako slouží k přístupu k informacím na internetu [9].

12.1. E-learning na Technické univerzitě Liberec

Na Technické univerzitě Liberec se e-learningové kurzy nacházejí na adrese: <http://turbo.cdv.tul.cz/> Každý budoucí uživatel se musí zaregistrovat. Registrace se provádí na uvedené adrese. Po registraci každý obdrží na svůj e-mail své uživatelské jméno a heslo, pod kterým se bude přihlašovat. Po obdržení hesla se již může přihlásit. Každý kurz je zpřístupněn buď volně, nebo je k němu taktéž potřeba heslo. Toto heslo je možné získat pouze u samostatného autora kurzu. Většinou jsou kurzy tvořeny samostatně každým učitelem daného předmětu, nebo nově takto pomocí bakalářské práce, kde je kurz navržen a vytvořen (tak, že ho vidí jen učitelé), a po schválení je zpřístupněn studentům. Na obr. 20. je možné vidět úvodní stránku e-learningu TUL.



Obr. 20. Úvodní stránka e-learningu TUL

12.2. Kurz přírodního hedvábí

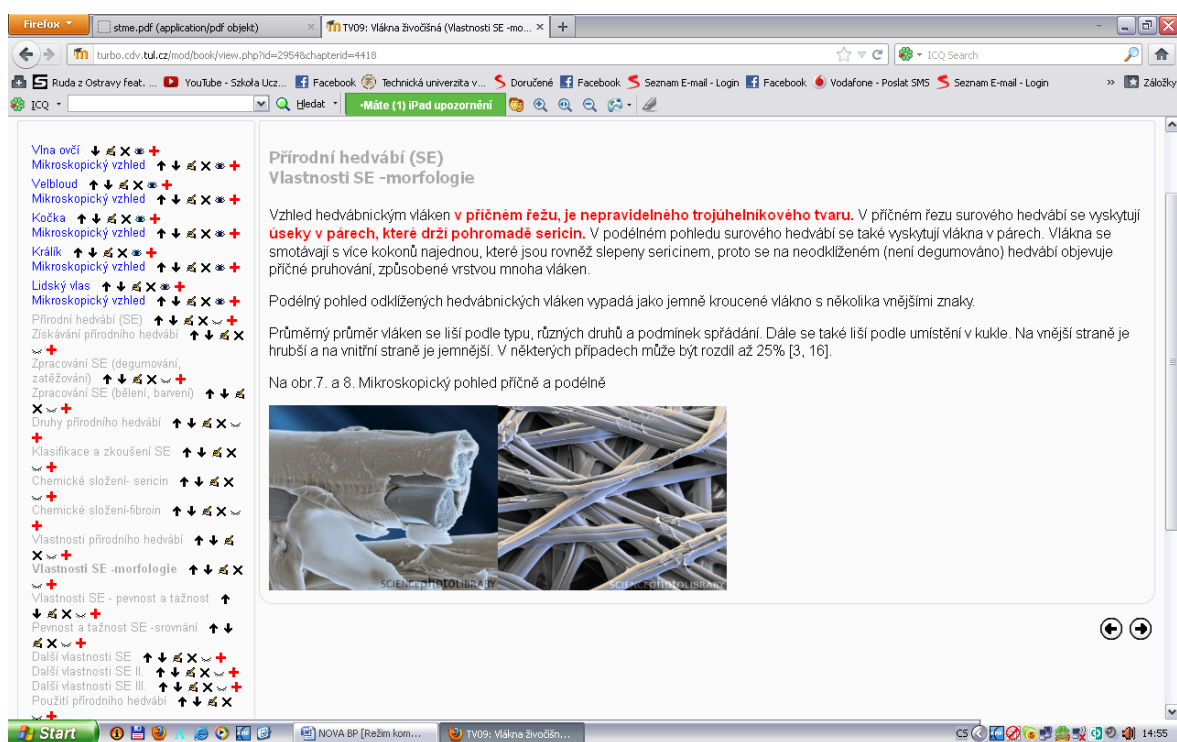
Kurz přírodního hedvábí, navržený na základě této bakalářské práce, je dnes aktuální, avšak zatím nepřístupný studentům Textilní fakulty TUL, ale pouze učitelům. Studenti jej budou moci po schválení najít v záložce Textil v předmětu zvaném Textilní vlákna.

Tento kurz je navržen celkem z dohromady osmnácti kapitol. Poslední devatenáctá kapitola je věnována použité literatuře.

Kapitoly jsou strukturovány stejně jako v této práci od samotného úvodu k hedvábí až po jeho konečnou údržbu a největší výroby ve světě.

Kapitola první:	Přírodní hedvábí
Kapitola druhá:	Získávání přírodního hedvábí
Kapitola třetí:	Zpracování přírodního hedvábí (degumování, zatěžování)
Kapitola čtvrtá:	Zpracování přírodního hedvábí (bělení, barvení)
Kapitola pátá:	Druhy přírodního hedvábí
Kapitola šestá:	Klasifikace a zkoušení přírodního hedvábí
Kapitola sedmá:	Chemické složení - sericin
Kapitola osmá:	Chemické složení - fibroin
Kapitola devátá:	Vlastnosti přírodního hedvábí
Kapitola desátá:	Vlastnosti přírodního hedvábí - morfologie
Kapitola jedenáctá:	Vlastnosti přírodního hedvábí – pevnost a tažnost
Kapitola dvanáctá:	Pevnost a tažnost přírodního hedvábí - srovnání
Kapitola třináctá:	Další vlastnosti přírodního hedvábí
Kapitola čtrnáctá:	Další vlastnosti přírodního hedvábí II.
Kapitola patnáctá:	Další vlastnosti přírodního hedvábí III.
Kapitola šestnáctá:	Použití přírodního hedvábí
Kapitola sedmnáctá:	Zajímavé aspekty o přírodním hedvábí
Kapitola osmnáctá:	Postavení přírodního hedvábí na trhu

Součástí tohoto kurzu jsou samozřejmě také příslušné obrázky a tabulky. Menší zajímavostí v kurzu je vložení videí do textu. Odkazy videí jsou z internetového serveru youtube.com. Jelikož na stránky e-learningu TUL nelze vložit stáhnuté video, ale pouze odkaz, je potřeba, aby osoba, která kurz spravuje, dohlížela na to, aby video na internetu nikdo nesmazal a tak nedošlo k tomu, že si student nemůže video zhlédnout. Na těchto videích je možnost zhlédnout bource morušového a přípravu hedvábí ve světě. Videa jsou zobrazena v textu modře, a když je na příslušné slovo kliknuto, tak se v novém okně video zpusť. Na obr. 21. je znázorněna jedna kapitola kurzu.



Obr. 21. Samostatná kapitola kurzu

12.2.1. Kontrolní test

Samostatná poslední kapitola se týká již zmiňovaného kontrolního testu, který byl navržen z informací v kurzu přírodního hedvábí. Hlavním cílem tohoto testu je, aby si studenti mohli ověřit, zda danou problematiku pochopili správně.

Test se skládá dohromady z 50 otázek, kde jsou otázky typu: s výběrem odpovědí, či tvrzení pravdy a nepravdy a otázky s obrázkem. Otázky s výběrem odpovědí mají někdy i více správným možností, ale většinou jsou pouze s jednou správnou. Když student na otázku zodpoví, tak mu hned vyskočí, jestli odpověděl správně nebo špatně.

12.2.1.1. Samostatný kontrolní test

Správná odpověď je vyznačena pro přehlednost tučně.

Otázka 1. Jak je označováno hedvábí podle platné evropské směrnice?

- A, **SE**
- B, JU
- C, CO
- D, PA

Otázka 2. Vlákna hedvábí jsou výměškem snovacích žláz...?

- A, **bource morušového**
- B, babočky paví oko
- C, divokého pavouka

Otázka 3. Hedvábí řadíme mezi vlákna....?

- A, rostlinná
- B, **živočišná**
- C, syntetická

Otázka 4. Jak dlouhé bývá vlákno?

- A, **1500 m**
- B, 5000 m
- C, 100 m

Otázka 5. Kolik vývojových stádií má bourec morušový ve svém životním cyklu?

- A, **4**
- B, 6
- C, 7

Otázka 6. Kolika otvory vylučuje housenka vlákno?

- A, **2**
- B, 3
- C, 1

Otázka 7. Kolik zámotků se spojí dohromady sericinem při smotávání?

- A, 12
- B, 2
- C, **5-6**
- D, 9-11

Otázka 8. Co je to odkližování?

- A, **částečné nebo úplné odstranění sericinu**
- B, částečné nebo úplné odstranění fibroinu
- C, zatěžování solemi

Otázka 9. Čím se hedvábí odkližuje?

- A, **alkalickým roztokem**
- B, kyselinou asparagovou
- C, sírovou aminokyselinou

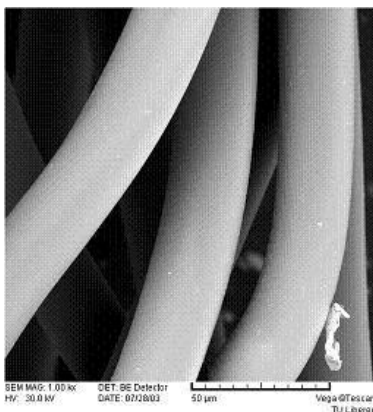
Otázka 10. Pro další metody degumování může být použita kyselina citrónová.

- Pravda**
- Nepravda

Otázka 11. O kolik procent se snižuje měrná hmotnost po odstranění sericinu?

- A, 80%
- B, 50%
- C, **2-30%**

Otázka 12. Je na obrázku podélný pohled hedvábí?



Pravda

Nepravda

Otázka 13. Co je vidět na obrázku?



A, vlákno vlny

B, vlákno bavlny

C, vlákno přírodního hedvábí

Otázka 14. Liší se tahové vlastnosti zatíženého hedvábí od nezatíženého?

A, ne, jsou totožné

B, ano, ale zanedbatelně

C, výrazně ano

Otázka 15. Které kyseliny poškozují hedvábí?

A, **mravenčí**

B, zředěné

C, koncentrované

Otázka 16. Jak vypadá spalovací zkouška přírodního hedvábí?

A, zápach po vlasech, hoří pomalu, lze rozmělnit mezi prsty

B, zápach po hořícím papíru, hoří rychleji než vlna, zanechává křehkou

kuličku

Otázka 17. Která země je označována za hlavní výrobní přírodního hedvábí?

- A, Japonsko
- B, Korej
- C, Brazílie
- D, **Čínská lidová republika**

Otázka 18. Hedvábí se zatěžuje kovovými solemi, minerálními látkami, rostlinnými a syntetickými látkami.

Pravda

Nepravda

Otázka 19. Co se přidává do bělidla pro dosažení plné bělosti při bělení?

- A, bělicí prášek
- B, **opticky zjasňující prostředek**
- C, kyselina citrónová

Otázka 20. Která barviva se používají nejčastěji při barvení?

- A, reaktivní
- B, kypová
- C, **kyselá**

Otázka 21. Co je to mušelín?

- A, začátek vnitřní části kokonu
- B, **1 nit greže s pravým nebo levým zákrutem**
- C, nestejněměrné hedvábí z dvojzámotku

Otázka 22. Co je to trama?

- A, skaná nit z 2-3 greží
- B, **začátek vnitřní části kokonu**
- C, nejvrchnější část kokonu

Otázka 23. Co je to krep?

- A, skaná nit z 2-3 greží
- B, nestejněměrné hedvábí z dvojzámotku
- C, **2-8 nití greže silně skané**

Otázka 24. Kolik je tříd jakosti v klasifikaci greže?

- A, 2
- B, 24
- C, **12**

Otázka 25. Která třída představuje nejlepší kvalitu?

- A, **6A**
- B, G
- C, F

Otázka 26. Které chemické složky jsou součástí přírodního hedvábí?

- A, cystin a sericin
- B, fibroin a sericin**
- C, fibroin a alaninoglycin

Otázka 27. Fibroin má větší podíl na hmotnosti vlákna.

- Pravda**
- Nepravda

Otázka 28. Sericin se dá rozpustit ve studené vodě.

- Pravda
- Nepravda**

Otázka 29. Dá se fibroin rozpustit ve vodě?

- A, ano, ale pouze ve studené
- B, ne**

Otázka 30. Kolik cystinu je obsaženo ve fibroinu?

- A, velmi hodně
- B, velmi málo**
- C, žádný

Otázka 31. Kam až sahá historie přírodního hedvábí?

- A, 5000 let př. n. l.**
- B, 2000 let př. n. l.
- C, 1000 let př. n. l.

Otázka 32. V dnešní době můžeme odvětví hedvábí najít i v kosmetice.

- Pravda**
- Nepravda

Otázka 33. Číňané si snažili zachovat tajemství kultivace housenek.

- Pravda**
- Nepravda

Otázka 34. Jak dlouho obvykle trvá životní cyklus bource morušového?

- A, 14 dní
- B, 6 měsíců
- C, 55-60 dní**

Otázka 35. Čím se živí housenky?

- A, hmyzem
- B, listím z moruše**
- C, speciální zrnitou potravou

Otázka 36. Kolik stupňů má přibližně horký vzduch, kterým se usmrtí kukla?

A, 55°C

B, **85°C**

C, 125°C

Otázka 37. Jak se také může nazvat degumování hedvábí?

A, zatěžování

B, bělení

C, **odkližování**

Otázka 38. Proč byly vyvinuty nové metody degumování?

A, **pro úsporu času, vody a energie**

B, kvůli ochraně životního prostředí

C, pro větší šetrnost k vláknům

Otázka 39. Divoké hedvábí vyžaduje mnohem slabší bělicí podmínky, než hedvábí bource morušového.

Pravda

Nepravda

Otázka 40. Lze používat všechny barvicí stroje (pro všechna textilní vlákna) i k barvení hedvábí?

A, **ano po modifikaci**

B, ne kvůli citlivosti

Otázka 41. Kde sídlí mezinárodní organizace hedvábí?

A, v Berlíně

B, v Paříži

C, **v Lyonu**

Otázka 42. Kolik tříd by měl mít zavedený nový systém klasifikace hedvábí?

A, 18

B, **8**

C, 28

Otázka 43. Jakou známku nese 100% hedvábí podle International Silk Association?

A, bílé hedvábí

B, **čisté hedvábí**

C, přírodní hedvábí

Otázka 44. Až kolik různých tkanin popisuje hedvábnický atlas?

A, 300

B, 50

C, **150**

Otázka 45. Jaké vlivy má sluneční světlo na hedvábí?

- A, zvyšuje pevnost a zhoršuje barvitelnost
- B, snižuje pevnost a zlepšuje barvitelnost
- C, **sníží pevnost a zhoršuje barvitelnost**

Otázka 46. Jako izolační materiál se může hedvábí použít:

- A, **pro kabelové krytí a chirurgii**
- B, pro geotextilie
- C, pro filtrační materiál

Otázka 47. V jakých hodnotách se pohybuje tloušťka vlákna?

- A, 30-35 μm
- B, 23-26 μm
- C, **13-15 μm**

Otázka 48. Co se vyrábí z tzv.: taftu?

- A, kimono
- B, padáky
- C, **halenky, šaty**

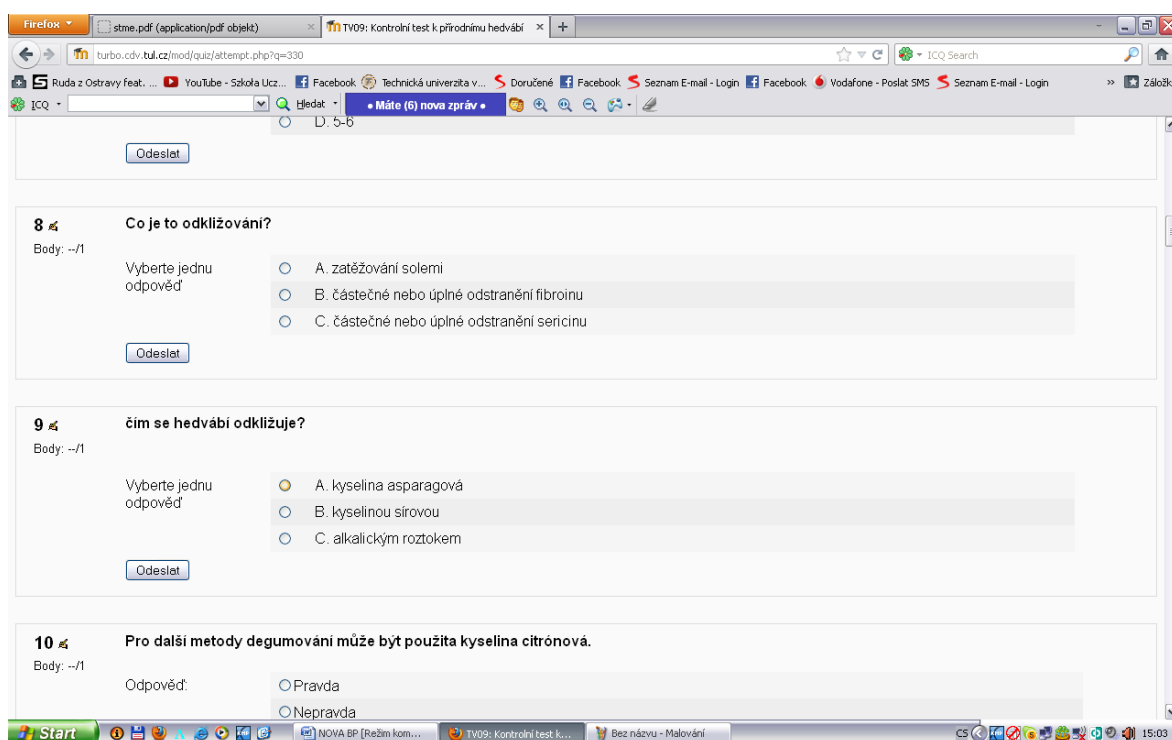
Otázka 49. Kde v Evropě sídlí významní výrobci tohoto vlákna?

- A, **Itálie, Francie, Španělsko a Řecko**
- B, Polsko, Česko a Slovensko
- C, Rusko, Ukrajina, Maďarsko a Německo

Otázka 50. Po ukončení každého stádia přestane housenka žrát a převléká se.

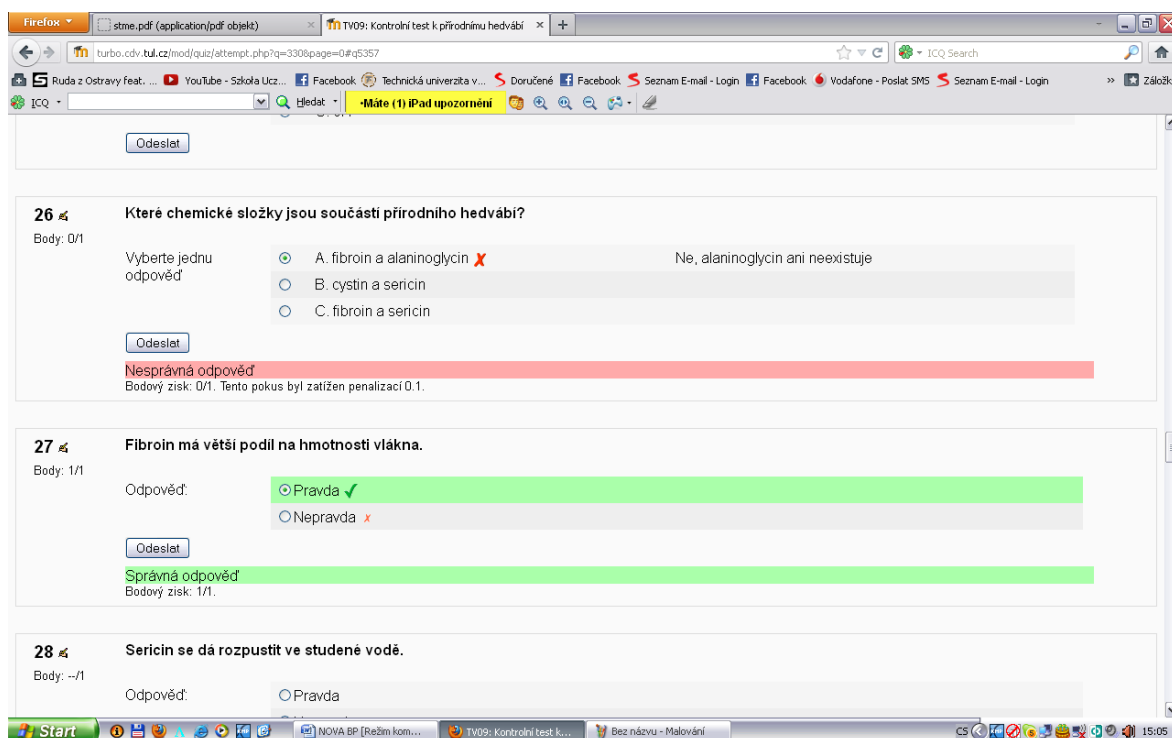
- Pravda**
- Nepravda

Na obr. 22. je vidět, jak vypadá test v prostředí e-learningu Technické univerzity Liberec, kde otázky nejsou označené.



Obr. 22. Test v prostředí e-learningu TUL

Na rozdíl od tohoto obrázku na dalším obrázku jsou označené a vyhodnocené odpovědi. Student si pak na konci testu může zkusit otázky znova projít a zjistit, která odpověď je správná.



Obr. 23. Označené a vyhodnocené odpovědi v testu

ZÁVĚR

Tématem bakalářské práce bylo „Přírodní hedvábí“. Jejím cílem bylo vytvořit rešeršní část na téma zpracování, vlastnosti a použití přírodního hedvábí, otestovat základní vlastnosti odklíženého hedvábí a tyto hodnoty následně porovnat s tabulkovými hodnotami zatíženého hedvábí. Hlavním bodem v této práci bylo tyto informace zpracovat tak, aby mohla být navržena e-learningová kapitola Přírodního hedvábí na webových stránkách, určené pro e-learning, Technické univerzity v Liberci.

Rešeršní část byla vytvořena na základě informací ze zdrojů odborné literatury. Byla použita jak česká, tak zahraniční literatura zejména anglická. Úvod rešerše nastiňuje, jak samotné vlákno vzniklo a kdo ho objevil. Dále jsou vytvořeny kapitoly, které vysvětlují, jak vlákno získáváme, jaké druhy vláken mohou být, třídění, další důležitou kapitolou je chemické složení, dále jsou popisovány vlastnosti, taktéž neméně důležitým bodem je i vliv chemikálií na vlákna, předposledním bodem je použití přírodního hedvábí a samotná péče o něj a v poslední řadě je vyjmenováno z posledního většího průzkumu deset největších výroben tohoto vlákna ve světě.

V další části této práce bylo změřeno 50 samostatných odklížených vláken. Těmto vláknům byly měřeny základní vlastnosti jemnost, pevnost a tažnost. Vlastnosti byly měřeny na přístroji Vibrodyn 400. Po měření, byly hodnoty statisticky zpracovány, aby mohly být srovnány s tabulkovými hodnotami uvedenými v odborné literatuře. Hlavní rozdíl byl v tom, že naměřené hodnoty jsou pouze odklížené, zatímco hodnoty tabulkové jsou i zatížené. Bylo tedy zjištěno, že rozdíly se liší, ale ne výrazně. U tahových křivek je jasně znát, že jejich průběh je stejný.

V poslední části této práce a taktéž hlavním cílem bylo navrhnout samostatnou kapitolu e-learningového kurzu na téma přírodního hedvábí. Tento kurz byl navržen na stránkách Technické univerzity Liberec: <http://turbo.cdv.tul.cz> . Nyní je zpracován a může po schválení sloužit jako studijní materiál studentům do předmětu textilní vlákna. Taktéž je zpracován kontrolní test, který byl navržen na základě informací v kurzu. Test se skládá dohromady z 50 otázek a studenti si na něm mohou ověřit, zda problematiku na téma přírodní hedvábí pochopili či nikoliv. Pro názornou ukázkou, jak kurz vypadá a jak vypadá prostřední e-learningu Technické univerzity, jsou v této bakalářské práci vloženy fotografie.

Věřím, že navržený kurz na základě této bakalářské práce je cenný a bude sloužit studentům jako dobrý studijní materiál k tomu, aby se dozvěděli a naučili vše o tomto vlákně a v poslední řadě, aby jim pomohl pokročit ve studiu na Technické univerzitě v Liberci.

Použitá literatura

- [1] FRANCK, R. R. *Silk, Mohair, Cashmere and other Luxury Fibres*. Cambridge, U.K.: Woodhead Publishing limited. 2001.
- [2] HLADÍK, V., KOZEL, T., MIKLAS, Z. *Textilní materiály*. 2.vyd. Praha: STNL – Nakladatelství technické literatury, 1984.
- [3] HLADÍK, V. *Textilní vlákna* Praha: STNL – Nakladatelství technické literatury, 1970.
- [4] LEWIN, M., PEARCE, E. *Fiber chemistry*. New York: Marcel Dekker, Madison avenue, 1985. ISBN: 0-8347-7010-2.
- [5] MILITKÝ, J. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. 1.vyd. Liberec: Technická univerzita, 2002. ISBN: 80-7083-644-X.
- [6] POSPÍŠIL, Z. a KOLEKTIV. *Průručka textilního odborníka 1. Část* STNL – Nakladatelství technické literatury, ALFA – Vydavatelství technické a ekonomické literatury Bratislava, Praha 1981.
- [7] STANĚK, J. *Textilní zbožížalství: Vláknenné suroviny, příze, nitě*. 2.vyd. Liberec: Technická univerzita, 2006. ISBN: 80-7372-147-3.
- [8] STANĚK, J. HYNČICOVÁ, J., KOVAČIČ, V. *Nauka o textilních materiálech, díl.1, část.2*. 1.vyd. Liberec: Vysoká škola strojní a textilní v Liberci, 1986.
- [9] *E-learning* [online] pos.rev: 12.4.2012. [cit.2012-04-18]. Dostupné z: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/E-learning>>
- [10] *Přírodní hedvábí* [online] pos.rev: 10.4.2012. [cit.2012-04-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99%C3%ADrodn%C3%AD_hedv%C3%A1b%C3%AD>
- [11] *Přírodní hedvábí* [online] pos.rev: 2.12.2005. [cit.2012-04-29]. Dostupné z: <<http://www.ft.vslib.cz/depart/ktm/?q=cs/hedvabi>>
- [12] *Přístroj pro měření pevnosti vláken Vibrodyn 400* [online] [cit.2012-04-18]. Dostupné z: <http://vct.tul.cz/prac_fyz_vl8.php>
- [13] *Silk* [online] pos.rev: 28.4.2012. [cit.2012-04-29]. Dostupné z: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Silk>>
- [14] *Stupeň Baumé* [online] pos.rev: 09.4.2012. [cit.2012-04-20]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Stupe%C5%88_Baum%C3%A9>
- [15] VAN GRAAF. *Hedvábí* [online] [cit.2012-04-29]. Dostupné z: <<http://www.vangraaf.com/cz/atelier/tipy-na-udrzbu/#/cz/atelier/>>
- [16] *Způsoby údržby: prací symboly* [online] pos.rev: 2006. [cit.2012-04-04]. Dostupné z: <<http://www.etextil.cz/cti/1/97/zpusoby-udrzby-praci-symboly/>>
- [17] *Textilní živočišná vlákna* [online] pos.rev: 1.9.2011. [cit.2012-04-29] Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Textiln%C3%AD_%C5%BEivo%C4%8Di%C5%A1n%C3%A1_vl%C3%A1kna>

[18] ZAHN, H., KRASOWSKI, A. *Ullmann's fiber, Vol.1*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. 2008. ISBN: 978-3-527-31772-1.

Seznam obrázků:

1. Bourec morušový [8]
2. Krmení čtvrtého věku housenek [1]
3. Kokony bource morušového [10]
4. Smotávání přírodního hedvábí [10]
5. Aminokyseliny ve fibroinu a sericinu (v molech %) [18]
6. Pohled v podélném a příčném řezu surového hedvábí [11, 18]
7. Tahové křivky [7]
8. Typické tahové křivky pro hedvábí a další vlákna [4]
9. Elastické zotavení hedvábí a dalších vláken [4]
10. Vliv tepelné izolace na stav kokonu bource morušového [5]
11. Přehled vlastností živočišných vláken [7]
12. Mezinárodní symbol hedvábí [18]
13. Symboly údržby pro výrobky z přírodního hedvábí [16]
14. Přístroj pro měření pevnosti vláken Vibrodyn 400 a Vibroskop 400 [12]
15. Graf znázornění četnosti jemnosti vláken
16. Graf tahových křivek
17. Graf průměrné tahové křivky
18. Tahová křivka hedvábí uváděna v literatuře [4]
19. Srovnávání tahových křivek
20. Úvodní stránka e-learningu TUL
21. Samostatná kapitola kurzu
22. Test v prostředí e-learningu TUL
23. Označené a vyhodnocené odpovědi v testu

Seznam tabulek:

1. Počet polárních a nepolárních bočních skupin u hedvábí [3]
2. 10 nejvýznamějších výrobců hedvábí [13]
3. Naměřené hodnoty vlastností
4. Četnosti jemnosti vláken
5. Tabulkové hodnoty vlastností hedvábí
6. Srovnávání číselných hodnot

PŘÍLOHA

V následující tabulce je uvedeno 50 hodnot naměřených vláken, jemnosti, pevnosti a tažnosti.

	JEMNOST [DTEX]	PEVNOST [CN]	TAŽNOST [%]
1	1,84	8,61	17,4
2	1,48	7,65	16,2
3	1,4	6,38	15,9
4	1,24	7,11	18,7
5	1,39	6,51	14,2
6	1,36	6,03	21,9
7	1,32	5,99	24,7
8	1,96	8,44	21,9
9	1,57	7,33	20,2
10	1,85	8,79	23,4
11	1,41	7,44	22,7
12	1,9	8,45	24,7
13	1,48	7,9	28,5
14	1,55	7,95	27,2
15	1,36	7,2	24,7
16	1,8	8,81	28,7
17	1,64	6,5	11,6
18	1,93	9,06	25,9
19	1,83	7,66	21,4
20	1,85	7,69	21,7
21	1,48	8,07	32,5
22	1,37	6,21	17,9
23	1,83	7,69	14,7
24	1,6	7,28	15,2
25	1,7	8,85	21,1
26	1,58	8,17	16,1
27	1,44	6,53	19,1
28	1,51	6,63	19,6
29	1,49	7,89	16,2
30	1,58	7,02	16,5

31	1,38	7,82	24,1
32	1,32	7,15	14,1
33	1,4	7,44	21,2
34	1,89	8,68	25,7
35	1,52	5,2	8,7
36	1,03	5,36	21,4
37	1,72	8,15	15,4
38	1,55	6,45	17,1
39	1,61	8,26	18,1
40	1,68	8,08	16,7
41	1,37	7,76	32
42	1,21	6,81	26,9
43	1,93	9,91	22,4
44	1,55	6,64	18,9
45	1,55	8,67	26,4
46	1,42	7,26	21,2
47	1,52	6,89	23,6
48	1,38	8,33	22,7
49	1,94	10,32	27,4
50	1,52	7,42	17,2